



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11068225 A**

(43) Date of publication of application: 09.03.99

(51) Int. Cl.

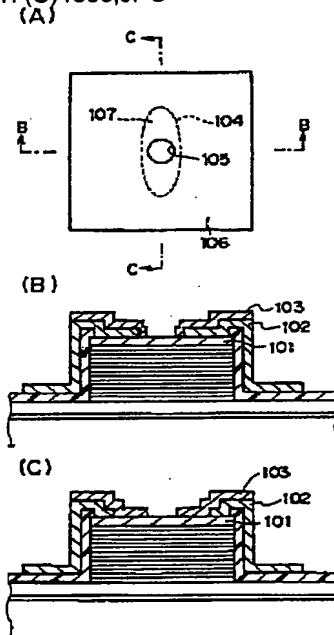
**H01S 3/18**(21) Application number: **09221444**(22) Date of filing: **18.08.97**(71) Applicant: **FUJI XEROX CO LTD**(72) Inventor: **OTOMA HIROKI****(54) SURFACE LIGHT EMITTING TYPE SEMICONDUCTOR LASER****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a surface light emitting type semiconductor laser device which can make a beam profile circular while stabilizing polarizing direction or can control the beam profile independently of polarization control.

**SOLUTION:** A surface light emitting type semiconductor laser device of a vertical resonator type has an active layer, a spacer layer, a reflection mirror constituted of a semiconductor multilayered film, a contact layer and an electrode. In the above surface light emitting type semiconductor laser device, an ohmic electrode region 102 wherein the electrode forms a flat or rectangular aperture part 104, and a Schottky electrode region 103 which is positioned in the aperture part 104 of the ohmic electrode region 102, whose area is smaller than the aperture part of the ohmic electrode region 102 and which forms an aperture part 105 having a different shape from the shape of the aperture part 104 are arranged. The ohmic electrode region 102 and the Schottky electrode region 103 may be formed of different electrode materials, or may be formed by using the same electrode material, previously diffusing impurities in a semiconductor layer adjacent to the electrode material,

and forming a region whose carrier concentration is high, or forming a region different in band gaps on a semiconductor layer.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-68225

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-221444

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月18日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社  
東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 乙間 広己

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン  
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外4名)

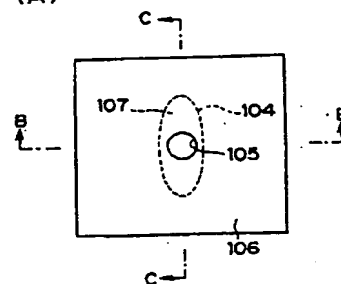
(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザ

(57) 【要約】

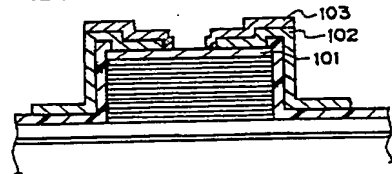
【課題】 偏光方向を安定させつつビームプロファイルを円形とすること、または、ビームプロファイルを偏光制御と独立に制御可能な面発光型半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 半導体基板上に活性層とスペーサ層と半導体多層膜による反射鏡とコンタクト層と電極とを有する垂直共振器型の面発光型半導体レーザ装置において、該電極が扁平形状または矩形形状の開口部104を形成したオーミック電極領域102と、該オーミック電極領域102の開口部104内に位置し、前記オーミック電極領域102の開口部より面積が小さく、且つ、異なる形状の開口部105を形成したショットキー電極領域103とを有する。オーミック電極領域とショットキー電極領域とは、異なる電極材料により形成してもよく、同じ電極材料により形成し、電極材料と隣接する半導体層に予め不純物拡散を行ってキャリア濃度を高濃度とする領域を形成したり、半導体層にバンドギャップの異なる領域を形成することにより、オーミック電極領域とショットキー電極領域とを形成してもよい。

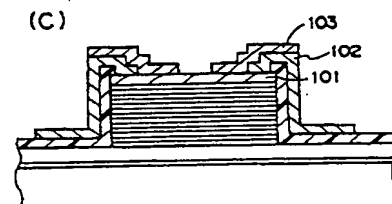
(A)



(B)



(C)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一の導電型の半導体基板上に下部分布ブラッグ反射鏡、第一の導電型のバッファ層、活性層、第二の導電型の半導体多層膜による反射鏡及び第二の導電型のコンタクト層が備えられ、電極を有する垂直共振器型の面発光型半導体レーザにおいて、

該第二の導電型のコンタクト層上に、レーザの発光領域に対応する扁平形状の開口部を形成したオーミック電極領域が形成され、さらに、その上部に該オーミック電極領域の開口部内の発光領域に位置し、オーミック電極領域の開口部より面積が小さく、且つ、異なる形状の開口部を形成したショットキー電極領域が形成されることを特徴とする垂直共振器型の面発光型半導体レーザ。

【請求項2】 前記オーミック電極領域とショットキー電極領域を、異なる電極材料により形成することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項3】 前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とを同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体コンタクト層の所定部分に予め不純物拡散を行ってキャリア濃度を高濃度とする領域と、不純物拡散を行なわない領域とを形成し、その上部に該電極材料を積層することにより不純物拡散領域に対応する領域にオーミック電極領域を、不純物拡散を行なわない領域に対応する領域にショットキー電極領域を形成することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項4】 前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とを同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体層に、バンドギャップの異なる領域を形成し、該電極材料を積層することにより、オーミック電極領域とショットキー電極領域とを形成することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光伝送や光情報処理、あるいは、感光体ドラムに静電潜像を書き込む光源として使われる面発光型半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、論理回路素子間の情報伝達的手段として、伝送速度の飛躍的な向上を目指した光インターコネクションの研究が進められている。その並列光源として、発光素子を高密度に2次元に配列可能な面発光レーザ (Vertical Cavity Surface Emitting Laser: 以下、適宜、VCSELと称する) が注目されている。VCSELに関しては、伊賀らにより先駆的な研究がなされており、1988年発行のIEEEジャーナルオブクアンタムエレクトロニクス (IEEE Journal of Quantum Electronics) 第24巻1845ページにまとめられている。また、半導体多層膜ミラーを

有するVCSELアレイの報告が、1991年にJewellらによりIEEE Journal of Quantum Electronics第27巻1332ページにまとめられている。

【0003】 VCSEL単体の構造は図5で示すように、半導体基板501の水平面に対して垂直方向に共振器502を有し、該共振器は、キャリアを閉じこめ光を発生させる活性層503と、半導体多層膜による上部反射ミラー (上部DBRミラー) 504と下部反射ミラー (下部DBRミラー) 505、活性層で発光した光の位相を各反射ミラーの端部で整合させるスペーサー層506からなる。共振器外の部分として、層間絶縁膜510、上部コンタクト層507、電流注入するとともにレーザの出射口511として機能する上部電極508、下部電極509が構成要素となる。

【0004】 作製方法としては、GaAs等III-V族化合物半導体のバルク結晶を基板とし、有機金属気相成長法 (Metal Organic Chemical Vapor Phase Epitaxy: MOVPE) により、その上層のIII-V族化合物半導体薄膜を順次エピタキシャル成長させ積層してゆく。レーザ発振させるためには、基板と水平方向で電流狭窄構造を作り、電流広がりを抑え活性層に効率よく電流を注入させる必要がある。電流狭窄の方法としては、図4で示したようにエッチングにより上部電極から活性層までを細い柱状 (ポスト) 構造とする方法や、プロトン注入により活性層の一部または活性層上部の一部を高抵抗化する方法、あるいは、AlAs層の酸化層を用いて電流経路を限定する方法などが上げられる。

【0005】 VCSELを実際の各システムの光源として用いる場合、レーザ光の偏光方向やレーザ出射光の出射面上での強度分布、すなわち、ニアフィールドパターン (NFP) について以下に示すような特性が要求される。例えば、光インターコネクションの発光素子としてVCSELを使用する場合は、VCSELと受光素子の間で、また、加入者系光通信システムの光源としてVCSELを使用する場合は、光ファイバーとの間で、それぞれ結合効率を高めるため、出射光の偏光方向を特定の方に規定しておくことが必要である。また、VCSELをレーザプリンタ等に搭載されているレーザスキャナーの光源として使用する場合にも、スキャナー内部のレンズやミラーの透過率や反射率に偏光依存性があるため、偏光方向を揃えておく必要がある。さらに、NFPを所望の形状に維持することも上記装置の光源の場合重要となる。

【0006】 端面発光レーザでは、共振器断面内の直交する2つの軸は、一つが半導体基板の垂直方向であり、他方は、半導体基板面と平行な方向である。該半導体基板と垂直な方向のゲイン領域と光ガイド層は、薄膜の積層構造にて限定されるため、薄膜の厚み程度 (1μm以

下)と小さい。一方、該半導体基板面と平行な方向では、ゲイン領域と光ガイド層は、エッチング等の半導体プロセスで作製するため、 $5\mu\text{m}$ 程度の大きさとなる。上記のように端面発光レーザでは、共振器断面の相直交するそれぞれの軸方向のゲイン領域またはガイド層の幅が極端に異なるため、共振する光の偏光方向は、基板面内方向(TEモード)あるいは、基板に垂直な方向(TMモード)のどちらかに固定される。

【0007】一方、VCSELの場合、共振器断面内の直交する2軸は、両方とも同一基板面内の軸であるため、端面発光レーザのように共振器断面内の直交する2軸方向における、ゲイン領域またはガイド領域の大きさに極端な差異をつけることが難しい。つまり、VCSELの場合は、積極的に偏光方向を何らかの手段により規定しない限り各素子での偏光方向がそろわないばかりか、一つの素子において偏光方向のスイッチング現象を起こしたり回転したり不安定に変動する。

【0008】VCSELのレーザ光の偏光方向を一定の方向に規定する方法には、特開平4-144183で示すように、共振器の断面形状を矩形や楕円のように扁平な形状とすることで実現する方法がある。これは、共振器の形状に異方性を持たせることで共振するモードを選択し偏光方向を固定する方法である。また、特開平6-326409で示すように、活性層上部に活性層材料と熱膨張係数の大きく異なる材料によって、面上の直交する方向、例えば、 $\langle 110 \rangle$ 方向と $\langle -110 \rangle$ 方向に大きさの異なる膜を着膜する方法もある。この方法は、扁平な形状で着膜した膜が活性層に及ぼす非対称な応力により、活性層内でのゲインの大きさを方位により異ならしめ、偏光を固定させる方法である。

【0009】しかしながら、前者の断面形状を扁平な形状とする方法では、共振器断面のサイズを $5\mu\text{m}$ 程度の小さなサイズにしなければその効果が現われず、ドライエッチングでこのような小さなサイズの共振器を作製した場合に、逆に側壁での光吸収により光電変換効率が悪化してしまう。また、プラズマダメージにより側壁近傍でのリーク電流が増加したり、エッチングによって発生した欠陥がレーザの寿命を短くする弊害が起きる。一方、後者の大きさの異なる膜を着膜する方法は、歪みによる偏光制御の効果が小さいこと、また、応力の制御自体も難しく、実デバイスでの偏光制御方法としては適さない。

【0010】近年、出射口側の電極からの電流注入量を制御することで偏光方向を一定の方向とする方法が考案されている。例えば、特開平4-242989は、電極の形状に特徴を持たせ、注入する電流を制御することで偏光方向の制御を行っている。電極からの電流注入量を制御する方法において偏光方向を一定にする原理はVCSEL上部DBR層内でのフリーキャリア吸収を利用したものである。このことをVCSELの断面図である図

4(A)で示す。電極開口部を有する電極402からVCSELに注入された電流は、活性層に近づくにつれて拡散し、403のような分布を上部DBR層内に形成する。キャリアのない領域404では、フリーキャリアによる光の吸収が少なく、逆に、キャリアの多い領域403ではフリーキャリアによる光の吸収が多い。このフリーキャリア吸収の少ない領域は電極開口部の大きさ405によって制御される。例えば、楕円形状の開口部により、電極開口部の大きさを電極面内の直交するある1組の方向で異ならせると、上部DBR層内でのフリーキャリア吸収の程度は、図4(A)が、A-A線断面図となる平面図(図4(B))内の406と407で示すように、上部DBR層内の直行する方位間で異ならせることができる。

【0011】このフリーキャリア吸収の方向による違いによって、レーザ光はフリーキャリア吸収の少ない方向に偏光方向が固定される。電極開口部の形状は、楕円以外に矩形としても良い。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記電流注入量を制御するような方法では電極開口部を楕円や矩形といった扁平形状とするためビームプロファイルも開口部形状を反映した扁平形状となってしまう、ビームプロファイルのみを偏光制御と独立に制御することができない。

【0013】実際にそのような要請が以下のような場合にあり得る。VCSELをレーザプリンタ等に搭載されているレーザスキャナーの光源として使用する場合、スキャナー内部の光学部品の偏光依存性を顧慮して偏光方向を固定し揃えておくことが必要であり、且つ、ビームプロファイルは、感光材料上のドット形状、強いては画質に深く関係するため、円形であることが望ましい。また、偏光方向を固定する電極開口の形状は、VCSELの上部DBR層の仕様により最適な形状が一義的に決まってしまう。このような場合に、電極アパーチャでビームプロファイルを独立に決定することが不可能である。

【0014】このように、従来の方法では、偏光方向を安定させつつビームプロファイルを円形とすること、または、偏光方向を安定させつつビームプロファイルのみを独立に制御することができない。

【0015】そこで、本発明の目的は、偏光方向を安定させつつビームプロファイルを円形とすること、または、ビームプロファイルを偏光制御と独立に制御可能な面発光型半導体レーザ(VCSEL)を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の面発光型半導体レーザは、第一の導電型(例えば、n型)の半導体基板上に下部分布ブラッグ反射鏡、第一の導電型のバッファ層、活性層、第二の導電型(例えば、p型)の半導体

多層膜による反射鏡及び第二の導電型のコンタクト層が備えられ、電極を有する垂直共振器型の面発光型半導体レーザにおいて、該第二の導電型のコンタクト層上に、レーザの発光領域に対応する扁平形状の開口部を形成したオーミック電極領域が形成され、さらに、その上部に該オーミック電極の開口部内の発光領域に位置し、オーミック電極の開口部より面積が小さく、且つ、異なる形状の開口部を形成したショットキー電極領域が形成されることを特徴とする。ここで、第一の導電型とは、n型あるいはp型を指し、第二の導電型とは、第一の導電型と反対の型、第一の導電型がn型である場合、p型を、第一の導電型がp型である場合、n型を指すものであり、いずれを第一の導電型としても、本発明の効果を発現するものである。

【0017】ここで、前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とは、異なる電極材料により形成することができる。

【0018】また、前記オーミック電極領域とショットキー電極領域とを同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体コンタクト層の所定部分に予め不純物拡散を行ってキャリア濃度を高濃度とする領域と、不純物拡散を行わない領域とを形成し、その上部に該電極材料を積層することにより不純物拡散領域に対応する領域にオーミック電極領域を、不純物拡散を行わない領域に対応する領域にショットキー電極領域を形成することも可能であり、前記オーミック電極領域とショットキー電極領域を同じ電極材料により形成し、該電極材料直下層にある半導体層に、バンドギャップの異なる領域を形成し、該電極材料を積層することにより、オーミック電極領域とショットキー電極領域とを形成することも可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】上記のような構造の電極を有する垂直共振器型の面発光半導体レーザでは、面発光半導体レーザ内の電流分布をコンタクト層とオーミック電極の開口形状で制御し、一方、光のNFPは、ショットキー電極の開口形状で整形することが可能である。図1は、本発明の実施例1の面発光半導体レーザの電極部分を示す。これを用いて本発明の原理を説明する。

【0020】図1は面発光半導体レーザの電極部分の一部断面を有する斜視図である。図2(A)は面発光半導体レーザの電極部分の平面図を示し、図2(B)はそのB-B線断面図、図2(C)はそのC-C線断面図を示す。

【0021】図2(B)、(C)にあるように、コンタクト層101上には、オーミック電極102及びショットキー電極103が形成されている。オーミック電極102の開口部104は、図2(A)に隠れ線で示されるように楕円形状をなしており、ショットキー電極103の開口部は、前記オーミック電極102の開口部104

よりも内部に位置するように、開口部104よりも小さな面積で開口部105が形成されている。

【0022】本態様においては、オーミック電極102の開口部104は楕円形状としたが、この開口部104は、矩形、菱形でもよい。即ち、開口部の平面形状は、角となる部分を有し、直線で構成されるものでも、曲線で構成されるものでもよいが、電流分布を制御するために、扁平形状、即ち長径とそれに直交する径との長さが互いに相違するものであることを要する。扁平形状の目安として、一例を挙げれば、オーミック電極102の開口部104において、長径が15 $\mu$ m、短径が7 $\mu$ mの扁平形状の開口部は、偏光の安定化が確認できている。

【0023】また、ショットキー電極103の開口部105を円形としたが、円形には限らず、オーミック電極102の開口部104の内部の発光領域に位置し、該開口部104よりも面積が小さく、且つ、該開口部104と異なった形状であったり、システム側で要請される形状であったりする。このショットキー電極の開口部は、オーミック電極領域開口部の中心線上に位置することが好ましい。

【0024】このような構成によれば、オーミック電極がコンタクト層と接している領域106から殆どの電流が注入され、ショットキー電極がコンタクト層と接している領域107からの電流注入量は、電流注入量が前者に比べ相当少ない。したがって、上部DBR層内での電流分布は、ほぼオーミック電極形状で制御されることとなる。しかるに、図3で説明したように、面内方向における扁平な形状の電流分布が、レーザ光の偏光方向を安定化固定化する。さらに、ショットキー電極103で形成された開口部105が円形であることから、レーザ光のNFPは円形となる。したがって、本発明の態様によれば、偏光方向を安定させつつビームプロファイルが円形であるVCSEL、又は、ビームプロファイルを、偏光方向の安定化とは独立に制御可能なVCSELを提供可能となる。

【0025】また、ショットキー電極を光の遮光材として利用すると、斜光材が金属であるためにミラーの反射率が高められるという作用が付与される。さらに、絶縁膜によって電流流入不可能な領域をオーミック電極作製する場合に比べ、電流注入可能な領域との反射波の位相のズレが無く、VCSEL内で共振する光の波面を乱すことがない。図8は、本発明のVCSELを用いたデバイスの電流光出力特性を示すグラフである。また、比較対象のため、層間絶縁膜をコンタクト層と電極材の間に入れるタイプのレーザA、及び、反射しない遮光板を用いてレーザ出射口を規定した場合のレーザBの電流光出力特性を示すグラフを併記した。これらの電流光出力特性のグラフより明らかなように、上記2つの作用により、高効率であり、且つ、低しきい値のVCSELが作製できる効果もあることがわかる。

【0026】

## 【実施例】

(実施例1) 図3に本発明の実施例1の垂直共振器型面発光半導体レーザの断面図を示す。n型GaAs半導体基板301の上面に、n型GaAsバッファ層302が配置され、その上にn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層304と50nm厚のn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層305のペア層を36組積層した下部分布ブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector: DBR) 303が備えられている。これらの上部に100nmのアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asスペーサー層306と、10nm厚GaAs量子井戸活性層307とを介して、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層308と50nm厚のp型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As層309のペア層を36組積層したp型DBR層310が配置されている。311は30nmのp型GaAsコンタクト層であり、該p型コンタクト層311の上部に矩形形状の開口部を有するクロム(Cr)の10nm薄膜層312と前記矩形開口部の内側に位置するような円形の開口形状を有するアルミ(Al)の100nm薄膜層313が備えられ、Cr層312とAl層313の間には、Al層313の円形開口部をふさがぬ形状で300nm厚の金(Au)薄膜層314が形成されている。315は層間絶縁膜である。

【0027】GaAs上に形成された電極は、電極金属の種類により電極特性が大きく変わることが知られている。例えば、AuとCrの積層電極は、特にCrがGaAsとの反応性が高いため、密着度が高く、かつ、金属半導体界面での電荷ポテンシャル障壁が小さいことにより、金属を着膜しただけでアニールせずともオーミック特性を示す。したがって、ここでは、Cr層312とAu薄膜層314の積層電極で一つのオーミック電極を形成している。

【0028】一方、Alは、GaAsと反応性が低く、常にショットキー電極となる金属である。したがって、p型GaAsコンタクト層上のCrの接する領域は、オーミック電極部となり面発光半導体レーザに電流を注入することが可能な領域となるが、反対にp型GaAsコンタクト層上のAlの接する領域はショットキー電極となるため、面発光半導体レーザに電流注入がされにくい領域となる。

【0029】また、重要なことは、本実施例の電極の面内方向の構造が、図1、2で示したように、面内2軸方向でショットキー電極の領域とオーミック電極の領域を異ならしめるていることである。

【0030】製造方法は、有機金属気相成長法(Metalorganic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)にて、Siドープ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のn型GaAs基板上にSeドープn型GaAsバッファ層を $1 \mu\text{m}$ 、Siドープ $1 \times 10$

$18 \text{ cm}^{-3}$ のn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層304と50nm厚のn型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As層305のペア層を36組積層した下部分布ブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector: DBR)、100nmのアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asスペーサー層、10nm厚GaAs量子井戸活性層、100nmのアンドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asスペーサー層、ZnドープのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層と50nm厚のp型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As層のペア層を36組積層したp型DBR層、30nmのZnドープp型GaAsコンタクト層を順次積層する。次に、フォトリソでオーミック電極の開口部形状を決めるリフトオフマスクを次のような工程により作製する。

【0031】MOCVD装置にて作製したVCSEL基板の上に、スピンコーターによりフォトリソを $2 \mu\text{m}$ 厚に伸延させ、 $80^\circ\text{C}$ 10分ベイクングし、マスクアライナーにて所望のパターンを露光する。次に、モノクロロベンゼンに数十秒浸してレジスト表面を固化させたあと、レジスト現増液にて現像する。このような工程を経たレジストは上部に底を有する形状となり、リフトオフしやすくなる。前記レジストパターンを形成したVCSEL基板上にCrを10nm程度、Auを300nm程度、順次、抵抗加熱蒸着器にて蒸着した後、アセトンにて超音波洗浄を行うと、偏平形状の開口部を有するオーミック電極が形成される。

【0032】次に、上記オーミック電極形成時に用いた同じ方法にて、上記オーミック電極の偏平形状開口部内にリフトオフ用レジストを形成し、抵抗加熱蒸着器にてAlを100nm程度蒸着する。続いて、アセトンにて超音波洗浄を行うと、オーミック電極偏平開口部よりも小さな円形開口部を有するショットキー電極が、オーミック電極偏平開口部の内側に位置するように形成される。

【0033】次に、VCSELのポスト構造を硫酸系のWetエッチングあるいは塩素系ガスを用いたドライエッチングにて形成する。エッチングマスクには、一般的なフォトリソマスクを用いる。ポスト径は、 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度とする。

【0034】最後にVCSEL基板の裏面にAuとGeを主成分とするn側電極を抵抗加熱蒸着器にて形成し、 $400^\circ\text{C}$ 5分アニールすることでn側電極が形成され、デバイスが完成する。

【0035】オーミック電極金属材料として、この実施例1では、Au/Crを採用したが、Auと亜鉛(Zn)との合金(AuZn)、または、Crの代わりにチタン(Ti)を使用しAu/Ti電極としても、さらにプラチナ(Pt)を加えたAu/Pt/Ti電極としてもオーミック電極が形成できる。この場合、アニールによる合金化、即ちアロイ工程が必要となる。

【0036】また、ここではショットキー電極としてア

ルミニウム (Al) を用いているが、アロイ工程をいれない Au/Ti など使用することができる。

【0037】このように、オーミック電極とショットキー電極とをまったく異なる電極材料を用いて形成することができる。

【0038】さらに、この実施例では、ショットキー電極の開口部の形状を円形としたが、必ずしも円形ではなく、レーザ光の受け手側のシステムで要求するビーム形状に対応してショットキー電極の開口部の形状を決定することが可能である。

(実施例2) 実施例2では、オーミック電極領域とショットキー電極領域の作製方法が実施例1と異なる。図6は実施例2の面発光半導体レーザの電極部分を示す断面図である。ここでは電極材料として Au/Cr のみを用いており、オーミック領域は GaAs コンタクト層 603 上に Cr 602 と Au 601 を着膜して形成し、ショットキー領域は、あらかじめ GaAs コンタクト層 603 をエッチングにより除去して AlGaAs 半導体層 604 を露出させた面上に Au/Cr を着膜して形成した。GaAs コンタクト層 603 をエッチングする領域は、基板面内の直行する 2 軸方向で開口長さを異ならしめることにより、所定の偏平形状の開口部を形成しうる。Au/Cr 層は、キャリア濃度が  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  と高い GaAs 層 603 上に接する場合にはオーミック特性を示す電極となり、バンドギャップの大きな AlGaAs 半導体層 604 であって、且つ、キャリア濃度が  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  台と低い本実施例の如き半導体層 604 に対しては、ショットキー特性を示す電極となる。このように、Au/Cr 層という、同一の電極材料を用いて、該 Au/Cr 層が隣接する層の構成を変化させることにより、オーミック特性を示す電極領域とショットキー特性を示す電極領域とを形成することができる。以上によりオーミック特性を示す電極領域と、ショットキー特性を示す電極領域とを異なる材料で形成した実施例1の面発光半導体レーザと同様の効果が現れる。

(実施例3) 実施例3においても、オーミック電極領域とショットキー電極領域の作製方法が実施例1と異なる。図7は実施例3の面発光半導体レーザの電極部分を示す断面図である。本実施例においては、電極材料として Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体を用いる。前記 Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体からなる電極と接する半導体コンタクト層 703 としては、あらかじめアンドープの半導体層を形成し、該半導体層のうちオーミック電極としたい領域にのみ、Zn 拡散でキャリア濃度を高めておく。ここで、Zn 拡散する半導体コンタクト層の領域 704 を扁平形状の開口部を除いた周辺部に限定することで、オーミック電極を扁平形状の開口部を有するものとすることができる。しかも、Zn 拡散していない領域、即ち、ショットキー電極の開口部 705 と、オーミック電極開口部 704 とに囲まれた領域

における Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体部分 706 が、ショットキー電極領域となる。前記したように、Au 層 701 と Cr 層 702 の積層構造体という同一の電極材料を用いて、該電極と接する半導体コンタクト層 703 の所定の部分に Zn 拡散を行うことによってオーミック特性を示す電極領域を形成し、Zn 拡散を行わない部分がショットキー特性を示す電極領域となる。以上によりオーミック特性を示す電極領域と、ショットキー特性を示す電極領域とを異なる材料で形成した実施例1の面発光半導体レーザと同様の効果が現れる。

本実施例は前記実施例1で用いた層間絶縁膜 (図2 (B)、(C)における215) の無いタイプである。実施例1で示したように層間絶縁膜を入れるタイプがより好ましい。

#### 【0039】

【発明の効果】本発明によれば、VCSEL内の電流分布を制御して偏光方向を安定化固定化する機能を有しつつ、レーザ光のNFPも自由に選択可能であり、さらに、高効率低しきい値であるVCSELが作製可能となる。これによれば、光伝送や光情報処理、あるいは、感光体ドラムに静電潜像を書き込む光源としての様々な仕様に耐えうる面発光型半導体レーザが実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の面発光型半導体レーザの電極部位の一態様を示す斜視図である。

【図2】 (A) は本発明のVCSELの電極部位の一態様を示す平面図であり、(B) 及び (C) はその断面図である。

【図3】 本発明の実施例1のVCSELの断面図である。

【図4】 (A) は扁平電極によって偏光方向を制御するVCSELの従来例を示す断面図であり、(B) はその平面図である。

【図5】 VCSEL単体の構造を示す断面図である。

【図6】 本発明の実施例2のVCSELの電極部位を示す断面図である。

【図7】 本発明の実施例3のVCSELの電極部位を示す断面図である。

【図8】 本発明のVCSELの電流光出力特性を示すグラフである。

#### 【符号の説明】

- 101 コンタクト層
- 102 オーミック電極
- 103 ショットキー電極
- 104 オーミック電極開口部
- 105 ショットキー電極開口部
- 106 オーミック電極
- 107 ショットキー電極

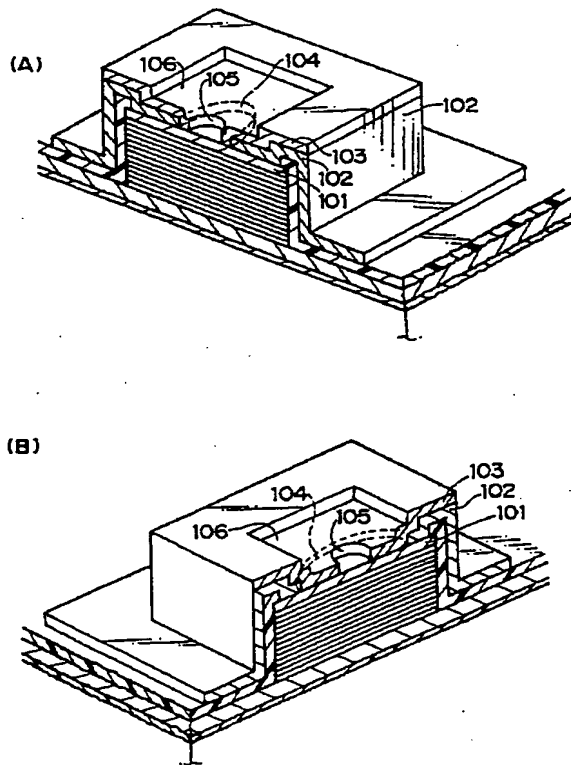
301 n型GaAs半導体基板

302 n型GaAsバッファ層

型GaAsバッファ層を1.0μm、S

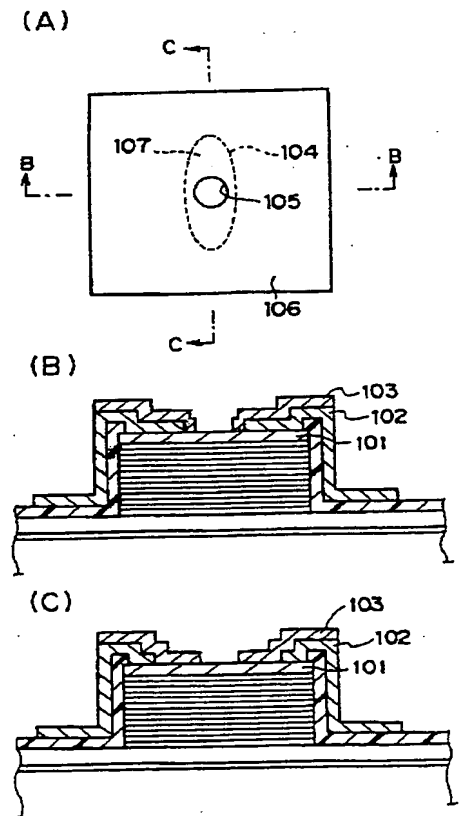
- 303 下部分布ブラッグ反射鏡 (Distributed Bragg Reflector: DBR)  
 304 n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層  
 305 n型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As層  
 306 アンダーブAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asスペーサー層  
 307 GaAs量子井戸活性層  
 308 p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層  
 309 p型Al<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As層  
 310 p型DBR層  
 311 p型コンタクト層  
 312 クロム (Cr) の10nm薄膜層  
 313 アルミ (Al) の100nm薄膜層  
 314 金 (Au) 薄膜層  
 315 層間絶縁膜  
 402 電極開口部を有するオーミック電極  
 403 上部DBR層内での電流分布  
 404 キャリアのない領域  
 405 オーミック電極開口部の大きさ  
 406 AB方向での電流密度が疎な領域  
 407 AB方向と垂直な面内の方向で電流密度が疎な領域

【図1】



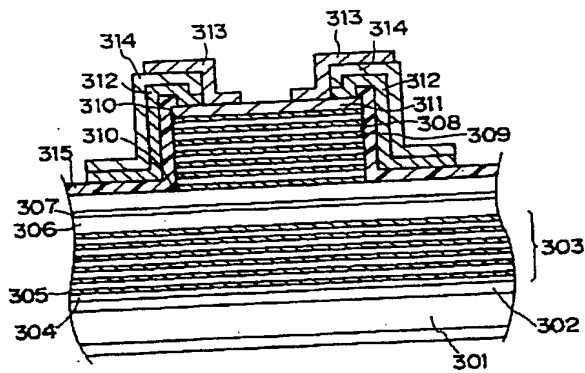
- 501 半導体基板  
 502 共振器  
 503 活性層  
 504 半導体多層膜による上部反射ミラー (上部DBRミラー)  
 505 下部反射ミラー (下部DBRミラー)  
 506 スペーサー層  
 507 上部コンタクト層  
 508 上部電極  
 509 下部電極  
 510 層間絶縁膜  
 511 レーザの出射口  
 601 Au薄膜層  
 602 Cr薄膜層  
 603 コンタクト層  
 604 AlGaAs半導体層  
 701 Au薄膜層  
 702 Cr薄膜層  
 703 コンタクト層  
 704 Zn拡散する半導体コンタクト層の領域  
 705 Zn拡散していない領域  
 706 ショットキー電極領域

【図2】



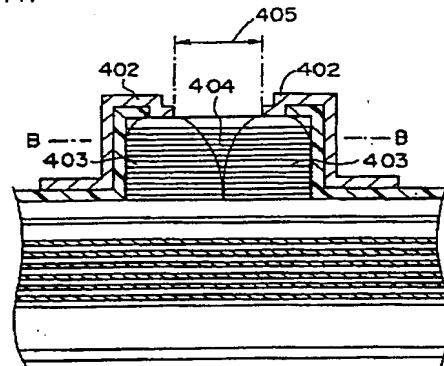


【図3】

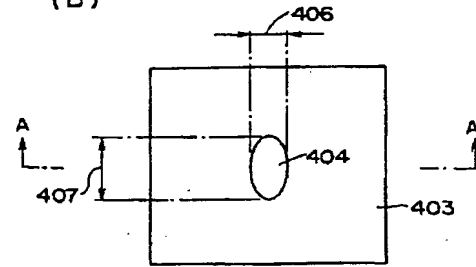


【図4】

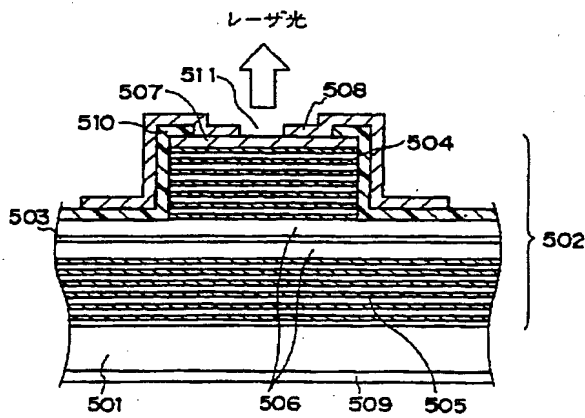
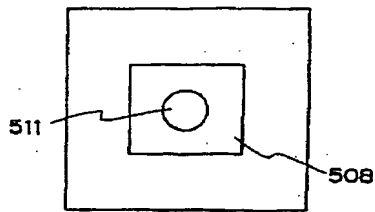
(A)



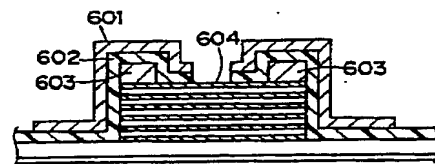
(B)



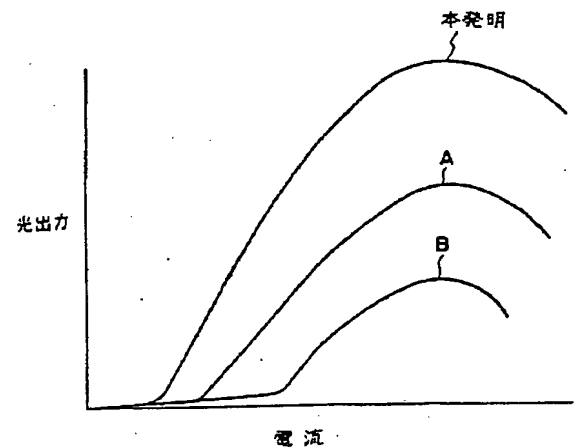
【図5】



【図6】



【図8】



【図 7】

